

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

JC971 U.S. PTO  
09/940517



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office

出願年月日

Date of Application:

2000年12月28日

出願番号

Application Number:

特願2000-400887

出願人

Applicant(s):

株式会社日立製作所

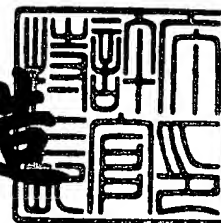
NIT-296  
Mattingly Stanger Malur  
703 684-1120  
HOSHINO et al

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2001年 5月30日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3048371

【書類名】 特許願

【整理番号】 NT00P0771

【提出日】 平成12年12月28日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G11B 5/31

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所 中央研究所内

【氏名】 星野 勝美

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所 中央研究所内

【氏名】 星屋 裕之

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100068504

【弁理士】

【氏名又は名称】 小川 勝男

【電話番号】 03-3661-0071

【選任した代理人】

【識別番号】 100086656

【弁理士】

【氏名又は名称】 田中 恭助

【電話番号】 03-3661-0071

【選任した代理人】

【識別番号】 100094352

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐々木 孝

【電話番号】 03-3661-0071

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 081423

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気抵抗効果型ヘッド、その製造方法、及び磁気記録再生装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

磁気的信号を電気的信号に変換する磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜に電気検出電流を流すための一対の電極と、前記一対の電極及び前記磁気抵抗効果膜の上下に配置された上部ギャップ膜及び下部ギャップ膜と、前記上下ギャップ膜の上下に配置された上部シールド膜及び下部シールド膜とからなり、前記一対の電極と前記上部シールド膜または前記下部シールド膜の少なくともどちらか一方との間がバリスタ材料により電氣的に接続されており、かつ前記一対の電極間が前記バリスタ材料で接続されている磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項 2】

磁気的信号を電気的信号に変換する磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜に電気検出電流を流すための一対の電極と、前記一対の電極及び前記磁気抵抗効果膜の上下に配置された上部ギャップ膜及び下部ギャップ膜と、前記上下ギャップ膜の上下に配置された上部シールド膜及び下部シールド膜とからなり、前記上部ギャップ膜または前記下部ギャップ膜の少なくとも一方にバリスタ材料を用いた磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項 3】

磁気的信号を電気的信号に変換する磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜に電気検出電流を流すための一対の電極と、前記一対の電極及び前記磁気抵抗効果膜の上下に配置された上部ギャップ膜及び下部ギャップ膜と、前記上下ギャップ膜の上下に配置された上部シールド膜及び下部シールド膜とからなり、前記一対の電極の引き出し端子から見て磁気抵抗効果素子のない側で、前記上部シールド膜及び前記下部シールド膜と前記電極の引き出し端子から伸ばした配線とがバリスタ材料により接続されている磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項 4】

磁気的信号を電気的信号に変換する磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜に電気検出電流を流すための一対の電極と、前記一対の電極及び前記磁気抵抗効果

膜の上下に配置された上部ギャップ膜及び下部ギャップ膜と、前記上下ギャップ膜の上下に配置された上部シールド膜及び下部シールド膜とからなり、前記磁区制御膜および電極がバリスタ材料を介して前記上部または前記下部のシールド膜と接続されている磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項 5】

磁気的信号を電気的信号に変換する磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜に電気検出電流を流すための一对の電極と、前記一对の電極及び前記磁気抵抗効果膜の上下に配置された上部ギャップ膜及び下部ギャップ膜と、前記上下ギャップ膜の上下に配置された上部シールド膜及び下部シールド膜とからなり、前記電極と前記磁気抵抗効果素子で囲まれた少なくとも一部分がバリスタ材料で形成されており、かつ前記バリスタ特性を示す材料で前記上部シールド膜と前記下部シールド膜とを接続した磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項 6】

磁気的信号を電気的信号に変換する磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜に電気検出電流を流すための一对の電極と、前記一对の電極及び前記磁気抵抗効果膜の上下に配置された上部ギャップ膜及び下部ギャップ膜と、前記上下ギャップ膜の上下に配置された上部シールド膜及び下部シールド膜とからなり、前記電極と前記磁気抵抗効果素子で囲まれた少なくとも一部分がバリスタ材料で形成されており、かつ前記バリスタ特性を示す材料で前記上部シールド膜と前記下部シールド膜とを接続した磁気抵抗効果型ヘッドの製造において、前記磁気抵抗効果膜を素子高さ方向にパターニングして後に前記バリスタ材料を埋め込むことにより前記磁気抵抗効果素子と前記上下のシールド膜間をバリスタ材料で接続することを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法。

【請求項 7】

2 層以上の磁性層を非磁性層で分割し、磁性層の相対的な磁化の向きにより電流が変化する事により磁気検出をする多層膜と、前記多層膜の両側に設けたバルクハウゼンノイズを抑止するために縦バイアス磁界を印加する一对の磁区制御膜と、前記多層膜に電気検出電流を膜垂直方向に流すために上下に設けた一对の電極と、上下の電極を分離するための絶縁をとるためのギャップ膜と、多層膜を挟

むように配置された上部シールドおよび下部シールドが設けられた磁気デバイスにおいて、上部シールドと下部シールドとの間あるいは上下の電極との間にダイオード、トランジスタ、あるいはバリスタ材料を形成したことを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項 8】

2 層以上の磁性層を非磁性層で分割し、磁性層の相対的な磁化の向きにより電流が変化する事により磁気検出をする多層膜と、前記多層膜の両側に設けたバルクハウゼンノイズを抑止するために縦バイアス磁界を印加する一对の磁区制御膜と、前記多層膜に電気検出電流を膜垂直方向に流すために上下に設けた一对の電極と、上下の電極を分離するための絶縁をとるためのギャップ膜と、多層膜を挟むように配置された上部シールドおよび下部シールドが設けられた磁気デバイスにおいて、磁区制御膜の上部または下部の少なくとも一方にダイオード、トランジスタ、あるいはバリスタ材料を介して上下のシールドまたは電極とを接続したことを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項 9】

磁気抵抗効果膜の静電破壊防止バイパス形成膜として、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、Bi<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、MnO、NiO、CoO、Fe-O、TiO<sub>2</sub>、HfO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>、Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>あるいはこれらを主成分とする酸化膜とZnO、SiC、BaTiO<sub>3</sub>、Si、SrTiO<sub>3</sub>から選ばれる膜との多層構造を有したバリスタ材料を少なくとも一部に用いた磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項 1 0】

ZnO、SiC、BaTiO<sub>3</sub>、Si、SrTiO<sub>3</sub>あるいはこれらを主成分とする膜から成る材料を前記バリスタ材料として用いた請求項 1 から請求項 8 のいずれかに記載の磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項 1 1】

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、Bi<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、MnO、NiO、CoO、Fe-O、TiO<sub>2</sub>、HfO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>、Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>あるいはこれらを主成分とする酸化膜とZnO、SiC、BaTiO<sub>3</sub>、Si、SrTiO<sub>3</sub>から選ばれる膜との多層構造を有したバリスタ特性を示す材料を前記バリスタ材料として用いた請求項 1 から請求項 8 のいずれかに記載の磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項 1 2】

請求項 1 0 から請求項 1 1 に記載の多層膜において、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、Bi<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、MnO、NiO、CoO、Fe-O、TiO<sub>2</sub>、HfO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>、Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>あるいはこれらを主成分とする酸化膜の膜厚が 5 nm 以下であることを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項 1 3】

請求項 1 から請求項 1 2 に記載の磁気抵抗効果型ヘッドと誘導型薄膜ヘッドとを組み合わせた磁気ヘッド。

【請求項 1 4】

請求項 1 3 に記載の磁気ヘッドを搭載した磁気記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、高い磁気記録密度に対応した磁気ヘッド、特に磁気抵抗効果型ヘッド、その製造方法、および磁気記録再生装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

現在の磁気ディスク装置には、記録を誘導型薄膜ヘッドで行い、再生を磁気抵抗効果型ヘッドで行う記録再生分離型ヘッドが用いられる。磁気抵抗効果型ヘッドは、外部磁界に依存して電気抵抗が変化する磁気抵抗効果を用いており、図 2 に示すように、磁気抵抗効果膜 1 4、磁区制御膜 1 5、電極 1 6 からなる磁気抵抗効果素子と、不要な磁界を遮断するための上下のシールド膜 1 2、1 8 および素子とシールド膜間を遮断する上下のギャップ膜（絶縁層）1 3、1 7 から成り、上記ギャップ膜（絶縁層）として、主に Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 膜が使われている。

【0 0 0 3】

高記録密度化にともなうシールド間隔が縮まることにより、磁気抵抗効果素子／シールド間の絶縁ギャップ膜の膜厚が薄くなるため、静電気あるいは電氣的ストレスにより磁気抵抗効果素子の電極間あるいは磁気抵抗効果素子とシールド間に過電流が流れ、磁気抵抗効果素子の破壊が起こりやすくなる。このため、絶縁膜の高品質化により絶縁耐圧を向上させる方法、例えば、特開平 6-52517 に記載の SiO<sub>2</sub> 層と Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 層を積層する方法や、特開平 9-198619 に記載の Al を熱酸化させ

る方法などが開示されている。また、磁気抵抗効果素子あるいは磁気抵抗効果素子／シールド間に過電流が流れないようにバイパスを設ける方法、例えば特開平7-169005に記載のショットキーダイオードにより磁気抵抗効果素子と設置基準とを接続する方法、特開平8-45033、特開平11-265503に記載のバリスタ材料を用いて接続する方法などが開示されている。

#### 【 0 0 0 4 】

##### 【発明が解決しようとする課題】

磁気記録密度の高密度化に伴い、磁気抵抗効果型ヘッドの分解能を高めるため、下部シールドと上部シールドとの間隔を狭くする必要があり、ギャップ絶縁膜を薄くしなければならない。このとき、絶縁耐圧が低いと磁気抵抗効果膜が静電破壊を起こしてしまうという問題がある。

上記ギャップ絶縁膜としては、主にAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜、さらにはSiO<sub>2</sub>層とSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>層の積層膜などが知られているが、絶縁膜厚が薄くなると絶縁耐圧が低くなってしまう問題がある。また、特開平7-169005や特開平11-265503に記載のダイオードやバリスタ特性を示す材料などにより磁気抵抗効果素子とシールド間を短絡させる方法では、ヘッドの静電破壊を防ぐことのできる特性の薄膜を形成することが困難であり、加えて、この薄膜をヘッド作製工程において作製する方法が難しいなどの問題点があった。

#### 【 0 0 0 5 】

本発明の目的は磁気記録密度の高密度化に伴い、磁気抵抗効果型ヘッドにおいて、上下シールド膜間の間隔が狭小化し、ギャップ絶縁膜が薄膜化した場合においても、磁気効果素子の絶縁破壊を防止可能とする、磁気ヘッド、そのための材料、同ヘッドの製造方法、および同ヘッドを用いた磁気記録再生装置の提供を行うことにある。

#### 【 0 0 0 6 】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明の目的は、磁氣的信号を電氣的信号に変換する磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜に電気検出電流を流すための一对の電極と、前記一对の電極及び前記磁気抵抗効果膜の上下に配置された上部ギャップ膜及び下部ギャップ膜と、



前記上下ギャップ膜の上下に配置された上部シールド膜及び下部シールド膜とからなり、前記一对の電極と前記上部シールド膜または前記下部シールド膜の少なくともどちらか一方との間がバリスタ材料により電氣的に接続されており、かつ前記一对の電極間が前記バリスタ材料で接続されている磁気抵抗効果型ヘッドにより達成される。

## 【 0 0 0 7 】

また、本発明の目的は、磁氣的信号を電氣的信号に変換する磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜に電気検出電流を流すための一对の電極と、前記一对の電極及び前記磁気抵抗効果膜の上下に配置された上部ギャップ膜及び下部ギャップ膜と、前記上下ギャップ膜の上下に配置された上部シールド膜及び下部シールド膜とからなり、前記上部ギャップ膜または前記下部ギャップ膜の少なくとも一方にバリスタ材料を用いた磁気抵抗効果型ヘッドにより達成される。

## 【 0 0 0 8 】

また本発明の目的は、磁氣的信号を電氣的信号に変換する磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜に電気検出電流を流すための一对の電極と、前記一对の電極及び前記磁気抵抗効果膜の上下に配置された上部ギャップ膜及び下部ギャップ膜と、前記上下ギャップ膜の上下に配置された上部シールド膜及び下部シールド膜とからなり、前記一对の電極の引き出し端子から見て磁気抵抗効果素子のない側で、前記上部シールド膜及び前記下部シールド膜と前記電極の引き出し端子から伸ばした配線とがバリスタ材料により接続されている磁気抵抗効果型ヘッドにより達成される。

## 【 0 0 0 9 】

また、本発明の目的は、磁氣的信号を電氣的信号に変換する磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜に電気検出電流を流すための一对の電極と、前記一对の電極及び前記磁気抵抗効果膜の上下に配置された上部ギャップ膜及び下部ギャップ膜と、前記上下ギャップ膜の上下に配置された上部シールド膜及び下部シールド膜とからなり、前記磁区制御膜および電極がバリスタ材料を介して前記上部または前記下部のシールド膜と接続されている磁気抵抗効果型ヘッドにより達成される。

## 【 0 0 1 0 】

また、本発明の目的は、磁氣的信号を電氣的信号に変換する磁氣抵抗効果膜と、前記磁氣抵抗効果膜に電氣検出電流を流すための一対の電極と、前記一対の電極及び前記磁氣抵抗効果膜の上下に配置された上部ギャップ膜及び下部ギャップ膜と、前記上下ギャップ膜の上下に配置された上部シールド膜及び下部シールド膜とからなり、前記電極と前記磁氣抵抗効果素子で囲まれた少なくとも一部分がバリスタ材料で形成されており、かつ前記バリスタ特性を示す材料で前記上部シールド膜と前記下部シールド膜とを接続した磁氣抵抗効果型ヘッドにより達成される。

## 【 0 0 1 1 】

また、本発明の目的は、前記磁氣抵抗効果型ヘッドにおいて、前記磁氣抵抗効果膜を素子高さ方向にパターンニングして後に前記バリスタ材料を埋め込むことにより前記磁氣抵抗効果素子と前記上下のシールド膜間をバリスタ材料で接続したことを特徴とする磁氣抵抗効果型ヘッドの製造方法により達成される。

## 【 0 0 1 2 】

また、本発明の目的は、2層以上の磁性層を非磁性層で分割し、磁性層の相対的な磁化の向きにより電流が変化する事により磁氣検出をする多層膜と、前記多層膜の両側に設けたバルクハウゼンノイズを抑止するために縦バイアス磁界を印加する一対の磁区制御膜と、前記多層膜に電氣検出電流を膜垂直方向に流すために上下に設けた一対の電極と、上下の電極を分離するための絶縁をとるためのギャップ膜と、多層膜を挟むように配置された上部シールドおよび下部シールドが設けられた磁氣デバイスにおいて、上部シールドと下部シールドとの間あるいは上下の電極との間にダイオード、トランジスタ、あるいはバリスタ材料を形成したことを特徴とする磁氣抵抗効果型ヘッドにより達成される。

## 【 0 0 1 3 】

また、本発明の目的は、2層以上の磁性層を非磁性層で分割し、磁性層の相対的な磁化の向きにより電流が変化する事により磁氣検出をする多層膜と、前記多層膜の両側に設けたバルクハウゼンノイズを抑止するために縦バイアス磁界を印加する一対の磁区制御膜と、前記多層膜に電氣検出電流を膜垂直方向に流すため

に上下に設けた一対の電極と、上下の電極を分離するための絶縁をとるためのギャップ膜と、多層膜を挟むように配置された上部シールドおよび下部シールドが設けられた磁気デバイスにおいて、磁区制御膜の上部または下部の少なくとも一方にダイオード、トランジスタ、あるいはバリスタ材料を介して上下のシールドまたは電極とを接続したことを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッドにより達成される。

## 【 0 0 1 4 】

また、本発明の目的は、磁気抵抗効果膜の静電破壊防止バイパス形成膜として、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Bi}_2\text{O}_5$ 、 $\text{MnO}$ 、 $\text{NiO}$ 、 $\text{CoO}$ 、 $\text{Fe-O}$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{HfO}_2$ 、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{Nb}_2\text{O}_5$ あるいはこれらを主成分とする酸化膜と $\text{ZnO}$ 、 $\text{SiC}$ 、 $\text{BaTiO}$ 、 $\text{Si}$ 、 $\text{SrTiO}$ から選ばれる膜との多層構造を有したバリスタ材料を少なくとも一部に用いた磁気抵抗効果型ヘッドにより達成される。

## 【 0 0 1 5 】

また、本発明の目的は、 $\text{ZnO}$ 、 $\text{SiC}$ 、 $\text{BaTiO}$ 、 $\text{Si}$ 、 $\text{SrTiO}$ あるいはこれらを主成分とする膜から成る材料を前記バリスタ材料として用いた前記の磁気抵抗効果型ヘッドにより達成される。

## 【 0 0 1 6 】

また、本発明の目的は、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Bi}_2\text{O}_5$ 、 $\text{MnO}$ 、 $\text{NiO}$ 、 $\text{CoO}$ 、 $\text{Fe-O}$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{HfO}_2$ 、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{Nb}_2\text{O}_5$ あるいはこれらを主成分とする酸化膜と $\text{ZnO}$ 、 $\text{SiC}$ 、 $\text{BaTiO}$ 、 $\text{Si}$ 、 $\text{SrTiO}$ から選ばれる膜との多層構造を有したバリスタ特性を示す材料を前記バリスタ材料として用いた前記の磁気抵抗効果型ヘッドにより達成される。

## 【 0 0 1 7 】

また、本発明の目的は、前記の記載の多層膜において、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Bi}_2\text{O}_5$ 、 $\text{MnO}$ 、 $\text{NiO}$ 、 $\text{CoO}$ 、 $\text{Fe-O}$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{HfO}_2$ 、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{Nb}_2\text{O}_5$ あるいはこれらを主成分とする酸化膜の膜厚が5 nm以下であることを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッドにより達成される。

## 【 0 0 1 8 】

また、2層以上の磁性層を非磁性層で分割し、磁性層の相対的な磁化の向きにより電流が変化する事により磁気検出をする多層膜と、前記多層膜の両側に設け

たバルクハウゼンノイズを抑止するために縦バイアス磁界を印加する一対の磁区制御膜と、前記多層膜に電気検出電流を膜垂直方向に流すために上下に設けた一対の電極と、上下の電極を分離するための絶縁をとるためのギャップ膜と、多層膜を挟むように配置された上部シールドおよび下部シールドが設けられた磁気デバイスにおいても同様に、上下の電極間にバリスタ、トランジスタ、ダイオード特性を示す材料を形成することにより、静電破壊に強いトンネル磁気抵抗効果型ヘッド構造を見出した。

#### 【 0 0 1 9 】

さらに、ZnO、SiC、Siなどのバリスタ特性を示す材料とSiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>などの酸化物材料とを多層にすることにより、薄膜の場合でもバリスタ特性を示し、膜構成、電極面積を調整することにより、静電破壊に対してより強い磁気抵抗効果型ヘッドを供給できる。

#### 【 0 0 2 0 】

また、本発明の目的は、前記の磁気抵抗効果型ヘッドと誘導型薄膜ヘッドとを組み合わせた磁気ヘッドにより達成される。

#### 【 0 0 2 1 】

また、本発明の目的は、前記の磁気ヘッドを搭載した磁気記録再生装置により達成される。

#### 【 0 0 2 2 】

#### 【発明の実施の形態】

以下に本発明の一実施例を挙げ、図表を参照しながらさらに具体的に説明する。

#### (実施例 1)

図 3 に本発明の磁気抵抗効果型ヘッドのバリスタ膜の構成例を示す。膜構成は、基板 2 1、下部電極膜 2 2 の上にバリスタ膜としてZnO膜 2 3 またはZnO/SiO<sub>2</sub>多層膜 2 3 / 2 4 を形成した（図 3 にはZnO/SiO<sub>2</sub>多層膜 2 3 / 2 4 の場合を示した）。膜の作製はRFスパッタリング法を用い、同じチャンバ内においてZnOターゲットおよびSiO<sub>2</sub>ターゲットからスパッタすることによりSiO<sub>2</sub>/ZnO多層膜及びZnO単層膜を作製した。

## 【 0 0 2 3 】

作製した磁気ギャップ膜の I (電流) - V (電圧) 特性評価は、図 4 に示すように、Si 基板 3 1 上に下部電極膜 3 2 (厚さ  $1\mu\text{m}$ ) の NiFe、評価する ZnO 膜または ZnO/SiO<sub>2</sub> 多層膜 3 3、上部電極膜 3 4 (厚さ  $1\mu\text{m} \times 1\text{mm}\phi$ ) の Al を順次形成し、下部電極膜と上部電極膜の間に電圧を印加してそのリーク電流を測定する方法により行なった。

## 【 0 0 2 4 】

図 1 にこれらの膜の I-V 特性を示す。ZnO (30nm) 単層膜では電流値が高くなる電位 (バリスタ電位) が非常に低い。これに対し、 $[\text{ZnO}(4\text{nm})/\text{SiO}_2(1\text{nm})] \times 6$  の多層膜では抵抗値が低くなっており、バリスタ電位が高くなっている。この結果から、前記多層膜のバリスタ特性が優れていることがわかる。

## 【 0 0 2 5 】

次に、多層膜の膜構成を変えたときの I-V 特性の変化を図 5 に示す。図中の SiO<sub>2</sub> 膜厚が 5.5nm 以上と厚い場合 (●)、多層膜は絶縁性を持ち、リーク電流値が低い。6V 以上の電圧を印加すると絶縁破壊し、元に戻らない。一方、SiO<sub>2</sub> 膜厚が 4.7nm 以下の場合、すべての多層膜においてバリスタ特性を示し、電圧を印加した後も元の状態に戻る。この結果から、バリスタ特性を得るには、酸化膜の膜厚はおおよそ 5nm 以下であることが好ましいことがわかる。また、図中の SiO<sub>2</sub> の膜厚を 1nm とした 9 周期の多層膜において、低電圧におけるリーク電流値が低いことから、SiO<sub>2</sub> 膜厚をできるだけ薄くして、挿入する SiO<sub>2</sub> の層数を多くするほうが好ましいことがわかる。また、リーク電流は電極面積を小さくすることにより、さらに小さくすることができる。

次に上記多層膜を用いて再生ヘッド、すなわち本発明の磁気効果型ヘッドを本発明の製造方法で形成した。そのヘッド作製工程を基板上方から見た概略図 6 を用いて示す。まず、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> などの絶縁層を薄膜形成し、精密研磨した非磁性基板 4 1 上に、下部シールド膜 4 2 として  $2.0\mu\text{m}$  厚の Ni-Fe 膜をパターン形成する (図 6 (a))。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 膜 (20nm) を下部ギャップ膜 4 3 として製膜後、フォトリソグラフィによりレジストで窓を形成し、イオンミリングによりシールドに到達するまでを掘り込んだ。そして、 $[\text{ZnO}(4\text{nm})/\text{SiO}_2(1\text{nm})] \times 6$  層の多層膜 4 4 を形成した後

、レジストを剥離する（図 6 (b)）。次に、磁気抵抗効果膜 4 5 として多層スピ  
ンバルブ膜を形成した。膜構成は、[Ta(3nm)/Ni-Fe (2 nm)/Co(0.5nm)/Cu(2  
nm)/Co(1 nm)/Ru(0.7nm)/Co (2 nm)/Mn-Pt(12 nm)]である。そして磁気抵抗  
効果膜 4 5 をイオンミリング法により所定の形状にパターンニング後、バルクハウ  
ゼンノイズを抑制するためのCo-Ptからなる磁区制御膜 4 6、TaW/Taからなる電  
極 4 7 を形成した（図 6 (c)）。これにより、電極 4 7 と下部シールド膜 4 2 が  
バリスタ材料多層膜 4 4 により接続された。

## 【 0 0 2 6 】

次に、その上に厚さ25nmのAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>上部ギャップ膜 4 8 を形成後、レジストによ  
り窓を形成し、イオンミリング法により電極に到達するまで掘り込んだ後、[Zn  
O(4nm)/SiO<sub>2</sub>(1nm)]×6のバリスタ膜 4 9 形成、レジスト剥離を行った（図 6 (d)  
）。そして、この上に厚さ3.0μmのNi-Feからなる上部シールド膜 5 0 をパター  
ン形成した（図 6 (e)）。これにより、電極 4 7 と上部シールド膜 5 0 がバリス  
タ材料多層膜 4 9 を介して接続されたことになる。

## 【 0 0 2 7 】

以上の方法により作製した本発明の磁気ヘッドの斜視図を図 7 に示す。基板 5  
1 の上に下部シールド膜 5 2 が形成され、その上に下部ギャップ膜 5 8、更に磁  
気抵抗効果膜 5 3、これを挟んで磁区制御膜 5 4、電極 5 5 が形成され、この電  
極は図後方にて上下のバリスタ材料多層膜（ZnO/SiO<sub>2</sub>膜）と接続している。バ  
リスタ材料膜の前面では電極 5 5 の上に上部ギャップ膜、さらにその上に、バリス  
タ材料多層膜領域も含めて上部シールド膜が配置されている。

## 【 0 0 2 8 】

このヘッドでは、高い電圧が印加された場合には電流がバリスタ材料多層膜（  
ZnO/SiO<sub>2</sub>膜）を経由して電極とシールド間あるいは両電極間に流れるため、磁  
気抵抗効果素子の静電破壊を防ぐ事ができる。図 1 0 の表に電極とシールド間に  
電圧 5 V および 1 0 V まで印加したときの、本発明構造と従来構造の磁気抵抗効  
果型ヘッドの良品率、すなわち歩留まりを示す。

## 【 0 0 2 9 】

図 1 0 に示した表のように、バリスタ材料を使用した本発明の抵抗効果型ヘッ

ドは、10Vという高い電圧が印加された場合において、高い良品率、すなわち歩留まりを維持していることから、本発明により絶縁性が良好な磁気抵抗効果型ヘッドが提供できたことがわかる。

### 【0030】

本実施例ではヘッド作製法としてギャップ膜を掘り込んでそこにバリスタ材料を埋め込んで作製しているが、ギャップ膜及びバリスタ膜の両方ともリフトオフ法により作製することもできる。さらに、ZnO/SiO<sub>2</sub>膜が両電極間をも接続するように形成されているが、図8に示すように、単にシールドと電極間を接続するのみの構成においても、磁気抵抗効果素子の静電破壊を防ぐ事ができる。しかし、MR端子間に非常に高い電圧が印加された場合に、図7に示す構造のように電極間をも短絡したほうが静電破壊を起こさないため好ましい。

### 【0031】

また、本実施例では、ZnOとSiO<sub>2</sub>の多層膜の場合について述べたが、ZnOの代わりにSiC、BaTiO<sub>3</sub>、Siなどのバリスタ膜を、SiO<sub>2</sub>膜の代わりにAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、Bi<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、MnO、NiO、CoO、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiO<sub>2</sub>、HfO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>、Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>などの酸化膜を用いた多層膜の場合においても同様な効果が得られる。また、多層膜の代わりにZnO、SiC、BaTiO<sub>3</sub>、Siあるいはこれらを主成分とする単層膜を用いても構わない。しかし、多層膜を用いたほうが膜構成の選択によるバリスタ電位およびリーク電流の制御が可能となるためより好ましい。

### (実施例2)

実施例1で用いたZnO/SiO<sub>2</sub>多層膜をギャップ膜に用いた本発明の別構成の再生ヘッド、すなわち、磁気抵抗効果型ヘッドを作製した。このヘッドを媒体対向面から見た図2を用いて、以下にその構成を示す。実施例1と同様に、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>などの絶縁層を薄膜形成し、精密研磨した非磁性基板11上に、下部シールド膜12として2.0μm厚のNi-Fe膜を形成する。その上に下部ギャップ膜13として[ZnO(3nm)/SiO<sub>2</sub>(1nm)]×4多層膜を作製した。次に、磁気抵抗効果膜14として多層スピンバルブ膜を形成した。その膜構成は、[Ta(3nm)/Ni-Fe(2nm)/Co(0.5nm)/Cu(2nm)/Co(1nm)/Ru(0.7nm)/Co(2nm)/Mn-Pt(12nm)]である。

### 【0032】

次に、磁気抵抗効果膜 1 4 をイオンミリング法により所定の形状にパターニング後、バルクハウゼンノイズを抑制するためのCo-Ptからなる磁区制御層 2 5 およびTaW/Taからなる電極 1 6 を形成した。その上に上部ギャップ 1 7 として  $[ZnO(3nm)/SiO_2(1nm)] \times 6$  多層膜を厚さ  $3.0 \mu m$  のNi-Feからなる上部シールド膜 1 8 を形成した。

## 【 0 0 3 3 】

比較のため、下部ギャップ膜 1 3 および上部ギャップ膜 1 7 として同じ膜厚のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜を用いた磁気ヘッドも作製した。図 9 にこれらのヘッドにおいて、シールドと素子との間に電圧を印加させたときの電流値を示す。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜を用いた場合には電圧を 5 V 程度印加すると絶縁破壊し、元に戻らないのに対し、ZnO/SiO<sub>2</sub>多層膜を用いた場合、1 0 V 印加してもその時のリーク電流値は高くなるものの、長時間電圧を印加しなければ絶縁破壊は起こらず、再生ヘッドの特性を再評価しても劣化は認められなかった。

## 【 0 0 3 4 】

本実施例では、ZnOとSiO<sub>2</sub>の多層膜の場合について述べたが、ZnOの代わりにSiC、BaTiO<sub>3</sub>、Siなどのバリスタ膜を、SiO<sub>2</sub>膜の代わりにAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、Bi<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、MnO、NiO、CoO、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiO<sub>2</sub>、HfO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>、Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>などの酸化膜を用いた多層膜の場合においても同様な効果が得られる。また、多層膜の代わりにZnO、SiC、BaTiO<sub>3</sub>、Siあるいはこれらを主成分とする単層膜を用いても構わないが、多層膜を用いたほうが膜構成を選択することによりバリスタ電位およびリーク電流を制御することができるため好ましい。

## (実施例 3)

実施例 1 の多層膜を用いた本発明のさらに別構成の再生ヘッド、すなわち、磁気抵抗効果型ヘッドを作製した。図 1 7、図 1 8、図 1 9 は、このヘッドを基板上部から見たものであり、図 1 7 は磁気抵抗効果素子まで形成した図、図 1 8 は上部シールド膜まで形成した図である。また図 1 9 は、図 1 8 の A - A' の断面図を示す。

## 【 0 0 3 5 】

図 1 7 と図 1 9 に示すように、下部シールド膜 7 1 と同電位の配線、すなわち



、下部シールド引き出し電極 7 2 と、引き出し端子 7 6 から磁気抵抗効果素子に接続する電極 7 4 とは別に引き出した同電位の引き出し電極 7 5 とは、ZnO/Bi<sub>2</sub>O<sub>5</sub>多層膜 7 9 で接続されている。

#### 【 0 0 3 6 】

また、同様にして図 1 8 と図 1 9 に示すように、上部シールド膜 7 7 と同電位の配線、すなわち、上部シールド引き出し電極 7 8 と引き出し端子 7 6 から磁気抵抗効果素子に接続する電極 7 4 とは別に引き出した同電位の引き出し電極 7 5 は、ZnO/Bi<sub>2</sub>O<sub>5</sub>多層膜 7 9 で接続されている。このようにすることにより、磁気抵抗効果素子とシールド間に高い電圧が印加された場合にはバリスタ多層膜材料を介してシールド膜に過電流が流れることにより、磁気抵抗効果素子の静電破壊を防ぐことができる。また、その場合に発生する熱の影響も素子から遠い位置に設置されているため影響は少ない。

#### 【 0 0 3 7 】

本実施例では、ZnOとBi<sub>2</sub>O<sub>5</sub>の多層膜の場合について述べたが、ZnOの代わりにSiC、BaTiO<sub>3</sub>、Siなどの材料を、Bi<sub>2</sub>O<sub>5</sub>膜の代わりにAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、SiO<sub>2</sub>、MnO、NiO、CoO、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiO<sub>2</sub>、HfO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>、Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>などの酸化膜を用いた多層膜の場合においても同様な効果が得られる。また、ZnO、SiC、BaTiO<sub>3</sub>、Siあるいはこれらを主成分とする膜を用いても構わないが、多層膜を用いたほうが膜構成を選択することによりバリスタ電位およびリーク電流を制御することができるため好ましい。

#### (実施例 4)

実施例 1 の多層膜を用いた本発明のさらに別構成の再生ヘッド、すなわち、磁気抵抗効果型ヘッドを作製した。このヘッドを以下媒体対向面から見た図 1 1 を用いて、以下にその構成を説明する。実施例 1 と同様に、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>などの絶縁層を薄膜形成し、精密研磨した非磁性基板 8 1 上に、下部シールド膜 8 2 として 2.0  $\mu$ m 厚のNi-Fe膜を形成する。次に [ZnO(4nm)/SiO<sub>2</sub>(1nm)]  $\times$  5 の多層膜 8 3 を形成後、素子位置の部分をミリングによりシールドまで削り、下部ギャップ膜 8 4 として 1.5 nmのAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜をリフトオフ法によりパターン形成する。次に、磁気抵抗効果膜 8 5 として多層スピンバルブ膜を形成した。膜構成は、[Ta(3nm)/Ni-Fe(2nm)/Co(0.5nm)/Cu(2nm)/Co(1nm)/Ru(0.7nm)/Co(2nm)/Mn-Pt(12nm)] で

ある。

#### 【 0 0 3 8 】

次に、磁気抵抗効果膜 8 5 をイオンミリング法により所定の形状にパターンニングし、バルクハウゼンノイズを抑制するためのCo-Ptからなる磁区制御層 8 6 およびTaW/Taからなる電極 8 7 を形成した。その上に上部ギャップ 8 8 として厚さ 2 5 nmのAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜をリフトオフ法により形成した後、[ZnO(4nm)/SiO<sub>2</sub>(1nm)] × 5 の多層膜 8 9 を上部ギャップの外側に形成する。最後に厚さ 3.0 μ m のNi-Fe からなる上部シールド膜 9 0 を形成した。

#### 【 0 0 3 9 】

本構造にすることにより、通常の再生過程においてはZnO/SiO<sub>2</sub>多層膜の抵抗が高いため、リーク電流は無視できるほど小さく、高い電圧が印加された場合に過剰なリーク電流はZnO/SiO<sub>2</sub>膜を経由してシールド膜へ流れるため、磁気抵抗効果素子の絶縁破壊を防ぐことができる。

#### 【 0 0 4 0 】

本実施例では、ZnOとSiO<sub>2</sub>の多層膜の場合について述べたが、ZnOの代わりにSiC、BaTiO<sub>3</sub>、Siなどの材料を、SiO<sub>2</sub>膜の代わりにAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、Bi<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、MnO、NiO、CoO、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiO<sub>2</sub>、HfO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>、Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>などを用いても同様な効果が得られる。また、ZnO、SiC、BaTiO<sub>3</sub>、Siあるいはこれらを主成分とする膜を用いても構わないが、多層膜を用いたほうが膜構成を選択することによりバリスタ電位およびリーク電流を制御することができるため好ましい。

#### (実施例 5)

実施例 1 で示した多層膜を用いた本発明のさらに別構成の再生ヘッド、すなわち、磁気抵抗効果型ヘッドを作製した。このヘッドを基板上部から見た図 1 2 を用いて以下に説明する。実施例 1 と同様に、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>などの絶縁層を薄膜形成し、精密研磨した非磁性基板 9 1 上に、2.0 μ m 厚のNi-Fe膜の下部シールド層 9 2、厚さ 15 nm のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜の下部ギャップ膜 9 3、磁気抵抗効果膜として多層スピンバルブ膜 9 4 を順次形成した。スピンバルブ膜構成は、[Ta(3nm)/Ni-Fe(2nm)/Co(0.5nm)/Cu(2 nm)/Co(1 nm)/Ru(0.7nm)/Co(2 nm)/Mn-Pt(12 nm)]である。

## 【 0 0 4 1 】

次に、磁気抵抗効果膜 9 4 をイオンミリング法によりパターニングし、バルクハウゼンノイズを抑制するための Co-Pt からなる磁区制御層 9 5 および TaW/Ta からなる電極 9 6 を形成する（図 1 2（a））。次に磁気抵抗効果素子の素子高さを決めるため、レジスト 9 7 によりパターニングを行い、レジスト 9 7 をマスクとして下部シールド 9 2 に到達するまでイオンミリングした後、保護膜として [ZnO(4nm)/SiO<sub>2</sub>(1nm)] × 5 の多層膜 9 8 を形成する（図 1 2（b））。

## 【 0 0 4 2 】

レジストを剥離した後（図 1 2（c））、その上に上部ギャップ膜 9 9 として、膜厚さ 2 5 nm の Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 膜をリフトオフ法によりパターン形成し（図 1 2（d））、最後に厚さ 3 . 0 μ m の Ni-Fe からなる上部シールド膜 1 0 0 を形成した。以上の方法により作製した磁気ヘッドにおける B - B' 面の断面図を図 1 2（e）に示す。

## 【 0 0 4 3 】

この図に示されたように、バリスタ膜により磁気抵抗効果膜 9 4 は上部シールド 1 0 0 及び下部のシールド 9 2 と電氣的に接続されており、本構造にすることにより、両電極間または磁気抵抗効果素子とシールド間に高い電圧が印加されても、バリスタ多層膜を経由してリーク電流が流れるため、磁気抵抗効果素子の絶縁破壊を防ぐことができる。

本実施例では、ZnO と SiO<sub>2</sub> の多層膜の場合について述べたが、ZnO の代わりに SiC、BaTiO<sub>3</sub>、Si などの材料を SiO<sub>2</sub> 膜の代わりに Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、Bi<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、MnO、NiO、CoO、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiO<sub>2</sub>、HfO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>、Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> などを用いても同様な効果が得られる。また、ZnO、SiC、BaTiO<sub>3</sub>、Si あるいはこれらを主成分とする単層膜を用いても構わないが、多層膜を用いたほうが膜構成を選択することによりバリスタ電位およびリーク電流を制御することができるため好ましい。

## （実施例 6）

実施例 1 で示した多層膜を用いた本発明のさらに別構成の再生ヘッド、すなわち、磁気抵抗効果型ヘッドとしてトンネル磁気ヘッドを作製した。このヘッドの構成を図 1 3 を用いて以下に説明する。実施例 1 と同様に、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> などの絶縁層

を薄膜形成し、精密研磨した非磁性基板 1 0 1 上に、下部シールド膜 1 0 2 として  $2.0\mu\text{m}$  厚の Ni-Fe 膜を形成する。次に、下部電極 1 0 3、磁気抵抗効果膜としてトンネルスピバルブ膜 1 0 4、上部電極 1 0 5 を連続形成し、所定の形状にパターニングを行った。ここで、電極には Ru を用い、トンネルスピバルブ膜の構成は  $[\text{Ta}(3\text{nm})/\text{Ni-Fe}(2\text{nm})/\text{Co}(0.5\text{nm})/\text{Al-O}(1\text{nm})/\text{Co}(1\text{nm})/\text{Mn-Pt}(12\text{nm})]$  である。次にバルクハウゼンノイズを抑制するためトンネルスピバルブ膜の両脇に、下部 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 絶縁層 1 0 6 および上部 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 絶縁層 1 0 8 で挟んだ Co-Pt からなる磁区制御膜 1 0 7 を形成した。その後、イオンミリング法により下部電極まで素子の一部を削り、その穴に  $[\text{ZnO}(4\text{nm})/\text{SiO}_2(1\text{nm})] \times 5$  の多層膜 1 0 9 を埋め込む。その後、厚さ  $3.0\mu\text{m}$  の Ni-Fe からなる上部シールド膜 1 1 0 を形成した。これにより、上部電極と下部電極の間に過剰な電圧が印加されたときの電流のバイパスが形成されたことになる。

## 【 0 0 4 4 】

本実施例では多層バリスタ膜に関して述べたが、トンネル磁気ヘッドでは静電破壊電圧が低いため、ZnO、SiC、Si、BaTiO<sub>3</sub>、SrTiO<sub>3</sub>あるいはこれらを主成分とするバリスタ単層膜、トランジスタ、ダイオードなどを用いても効果が得られる。さらに、本実施例では、ZnO と SiO<sub>2</sub> の多層膜の場合について述べたが、ZnO の代わりに SiC、BaTiO<sub>3</sub>、Si などの材料を、SiO<sub>2</sub> 膜の代わりに Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、Bi<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、MnO、NiO、CoO、Fe-O、TiO<sub>2</sub>、HfO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>、Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> などの酸化膜を用いた多層膜の場合においても同様な効果が得られる。

## 【 0 0 4 5 】

また、本実施例ではトンネルスピバルブを用いたが、通常のスピンバルブ膜構成あるいはスピンバルブの非磁性層として半導体材料を用いても構わない。あるいは磁性層と非磁性層を複数回積層した膜においても同様な効果が得られる。

## 【 0 0 4 6 】

また、2 層以上の磁性層を非磁性層で分割し、磁性層の相対的な磁化の向きにより電流が変化する事により磁気検出をする多層膜と、前記多層膜の両側に設けたバルクハウゼンノイズを抑止するために縦バイアス磁界を印加する一対の磁区制御膜と、前記多層膜に電気検出電流を膜垂直方向に流すために上下に設けた一

対の電極と、上下の電極を分離するための絶縁をとるためのギャップ膜と、多層膜を挟むように配置された上部シールドおよび下部シールドが設けられた磁気デバイスにおいても、上下の電極間にバリスタ膜、トランジスタ膜あるいはダイオードなどを用いることにより静電破壊に対して優れた磁気ヘッドも供給可能である。

(実施例 7)

実施例 6 とは別構成の本発明の再生ヘッド、すなわち、磁気抵抗効果型ヘッドとしてトンネル磁気ヘッドを作製した。このヘッドの構成を図 1 4 を用いて以下に説明する。

【 0 0 4 7 】

まず、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>などの絶縁層を薄膜形成し、精密研磨した非磁性基板 1 1 1 上に、下部シールド膜 1 1 2 として 2. 0  $\mu$ m 厚の Ni-Fe 膜を形成する。次に、下部電極 1 1 3、磁気抵抗効果膜としてのトンネルスピバルブ膜 1 1 4、上部電極 1 1 5 を連続形成し、所定の形状にパターニングを行った。ここで、電極には Ru を使い、トンネルスピバルブ膜として [Ta(3nm)/Ni-Fe (2nm)/Co(0.5nm)/Al-O (1nm)/Co(1nm)/Mn-Pt(12nm)] を用いた。トンネルスピバルブ膜をパターニングし、両脇にバリスタ膜 1 1 6、バルクハウゼンノイズを抑制するための Co-Pt からなる磁区制御膜 1 1 7、バリスタ多層膜 1 1 8 を連続形成した。ここで、バリスタ多層膜 1 1 6 および 1 1 8 として、ZnO(30 nm) 膜を用いた。その後、厚さ 3. 0  $\mu$ m の Ni-Fe からなる上部シールド膜 1 1 9 を形成した。これにより、磁区制御膜 1 1 7 を介して、上部電極と下部電極の間にバリスタ膜が形成され、過剰な電圧が印加されたときの電流のバイパスが形成された。

本実施例では ZnO(30 nm) の場合に関して述べたが、SiC、Si、BaTiO<sub>3</sub>、SrTiO<sub>3</sub> あるいはこれらを主成分とするバリスタ単層膜、トランジスタ、ダイオードなどを用いても効果が得られる。さらに、ZnO、SiC、BaTiO<sub>3</sub>、Si などのバリスタ材料と、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、Bi<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、MnO、NiO、CoO、Fe-O、TiO<sub>2</sub>、HfO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>、Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> などの酸化膜との多層膜を用いても同様な効果が得られる。

【 0 0 4 8 】

また、本実施例ではトンネルスピバルブを用いたが、通常のスピンバルブ膜

構成あるいはスピバルブの非磁性層として半導体材料を用いても構わない。あるいは磁性層と非磁性層を複数回積層した膜においても同様な効果が得られる。

(実施例 8)

実施例 1 で作製した磁気抵抗効果型ヘッドと記録ヘッドを組み合わせた本発明の磁気ヘッドを作製した。図 1 5 は、記録再生分離型ヘッドの一部分を切断した場合の斜視図である。再生ヘッドの構成は実施例 1 と同じ構成とした。記録ヘッドの下部磁極 1 2 3 は、再生ヘッドの上部シールドと兼用とし、記録ヘッドのコイル 1 2 4、および上部磁極 1 2 5 は、それぞれ電気めっき法により作製した Cu および 4 6 wt%Ni-Fe 膜を用いた。記録ヘッドの磁気ギャップ膜及び保護膜は Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 膜を用いた。記録ヘッドのトラック幅は 0. 4  $\mu$ m、再生ヘッドのトラック幅は 0. 3  $\mu$ m とした。

【 0 0 4 9 】

本発明の磁気ヘッドは、従来の磁気ヘッドと比較して、絶縁破壊を起こしにくい構造を用いているため、本発明の磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法は、製造におけるヘッドの良品率、すなわち歩留まりの高い磁気ヘッドの作製を可能とする。また、実施例 2 から実施例 7 に用いたいずれの再生ヘッドの場合も同様な効果が得られる。

(実施例 9)

本発明の記録再生分離型ヘッドを用い、磁気ディスク装置を作製した。図 1 6 に磁気ディスク装置の構造の概略図を示す。磁気記録媒体 1 3 1 には残留磁束密度 3 4 0 0 Oe の Co-Cr-Pt 系合金からなる材料を用いた。磁気ヘッド 1 3 3 における再生ヘッドは実施例 1 で用いた再生ヘッドを用いた。これにより、従来の Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 単層膜を用いた磁気ヘッドと比較して、その製造における良品率、すなわち歩留まりの高い磁気ヘッドの作製が可能となる。また、再生ヘッドとして実施例 2 から実施例 7 に用いたどのヘッドを用いても同様な効果が得られる。これにより、記録密度の高い磁気ディスク装置を作製できる。本発明の磁気ヘッドは 2 0 Gbit/in<sup>2</sup> 以上の記録密度を有する磁気記録再生装置に有効である。また、4 0 Gbit/in<sup>2</sup> 以上の記録密度を有する磁気記録再生装置には、必須となる。

【 0 0 5 0 】

【発明の効果】

上述のように本発明により静電破壊を防止でき、その製造において、良品率、すなわち、歩留まりの高いヘッドを作製・供給可能となる。さらに、バリスタ膜としてZnO、SiC、SrTiO<sub>3</sub>、Siなどのバリスタ材料とSiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>などの酸化物絶縁材料との多層膜を用いてバリスタ電位及びリーク電流を制御することにより、さらに高い効果が得られる

さらに、上記磁気抵抗効果型ヘッドと誘導型薄膜磁気ヘッドを組み合わせることにより良好な記録再生磁気ヘッドが得られる。さらに、この磁気ヘッドを搭載した磁気記録再生装置は優れた高記録密度特性を有する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明のZnOおよびZnO/SiO<sub>2</sub>多層膜のI-V特性例。

【図 2】 磁気抵抗効果型ヘッドの媒体対向面から見た断面図。

【図 3】 本発明のバリスタ膜構成。

【図 4】 絶縁耐圧の測定方法を示す説明図。

【図 5】 本発明のZnO/SiO<sub>2</sub>多層膜における膜構成を変化させたときのI-V特性例。

【図 6】 本発明の第 1 の実施形態における磁気ヘッドの基板面から見た作製工程を示す図。

【図 7】 本発明の第 1 の実施形態における磁気ヘッドの斜視図。

【図 8】 本発明の第 1 の実施形態における別構成の磁気ヘッドの斜視図。

【図 9】 従来の磁気ヘッド、および本発明の第 2 の実施形態における磁気ヘッドのI-V特性例。

【図 1 0】 本発明構造と従来構造の磁気抵抗効果型ヘッドの良品率、すなわち歩留まりを示す表。

【図 1 1】 本発明の第 4 の実施形態における磁気抵抗効果型ヘッドの媒体対向面から見た断面図。

【図 1 2】 本発明の第 5 の実施形態における磁気抵抗効果型ヘッドの基板面から見た作製工程を示す図および断面図。

【図 1 3】 本発明の第 6 の実施形態における磁気抵抗効果型ヘッドの斜視図

【図 1 4】 本発明の第 7 の実施形態における磁気抵抗効果型ヘッドの斜視図

【図 1 5】 本発明の磁気ヘッドを示す斜視図。

【図 1 6】 本発明の磁気記録再生装置を示す図。

【図 1 7】 本発明の第 3 の実施形態における磁気ヘッドの基板面図。

【図 1 8】 本発明の第 3 の実施形態における磁気ヘッドの基板面図。

【図 1 9】 本発明の第 3 の実施形態における磁気ヘッドの断面図。

【符号の説明】

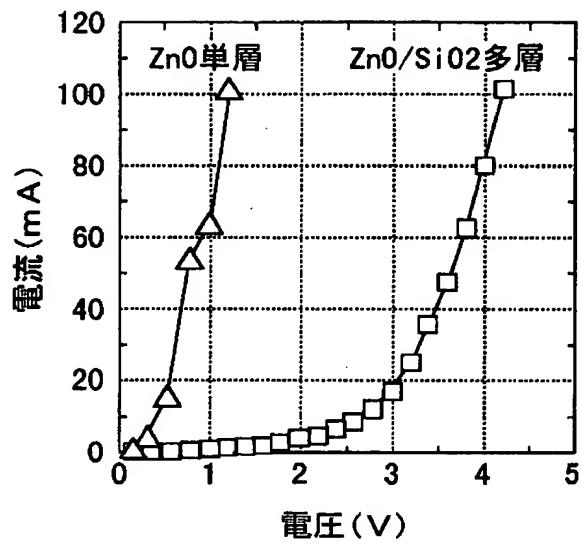
11、21、31、41、51、61、81、91、101、111…基板、12、22、32、42、52、62、71、82、92、102、112、122…下部シールド膜、24、80、106、108 酸化絶縁膜、23、44、49、56、66、79、83、89、98、109、116、118 バリスタ膜、13、43、84、93、…下部ギャップ膜、14、45、53、63、73、85、94、121…磁気抵抗効果膜、15、46、54、64、86、107、117、128…磁区制御膜、16、34、47、55、65、74、87、96、103、105、113、115、127…電極、17、48、88、99…上部ギャップ膜、18、50、57、67、77、90、100、110、119、123…上部シールド膜、33…I-V特性評価膜、72…下部シールド引き出し電極、75…引き出し電極、76…電極端子、78…上部シールド引き出し電極、97…レジスト、104、114、…トンネル磁気抵抗効果膜、124…コイル、125…上部磁極、126…基体、131…磁気記録媒体、132…磁気記録媒体駆動部、133…磁気ヘッド、134…磁気ヘッド駆動部、35…記録再生信号処理系。



【書類名】 図面

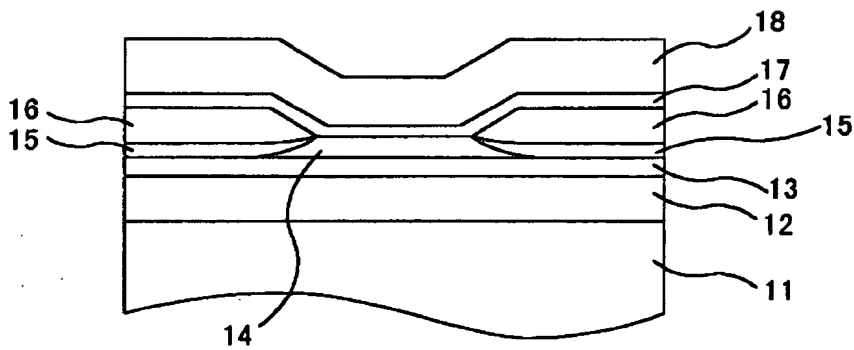
【図 1】

図 1



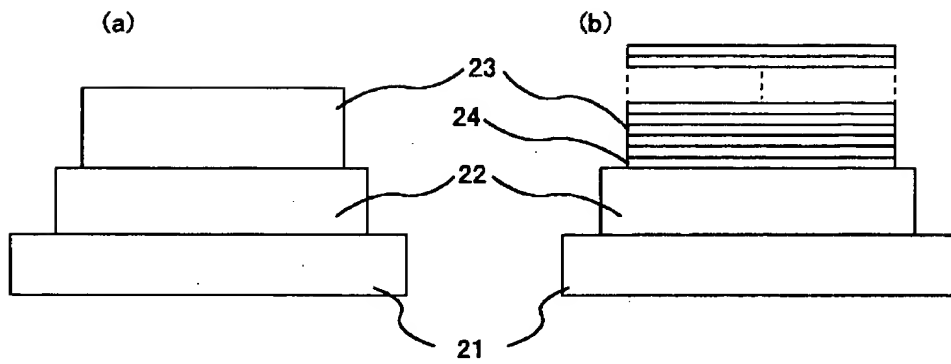
【図 2】

図 2



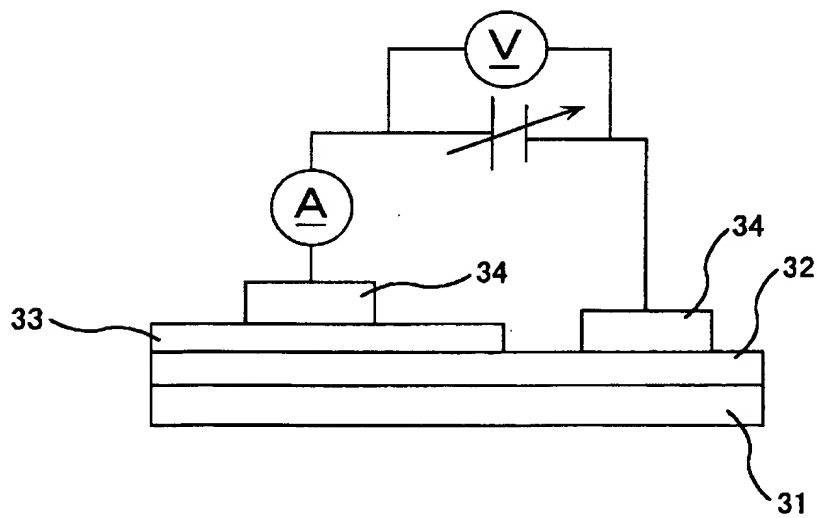
【図 3】

図 3



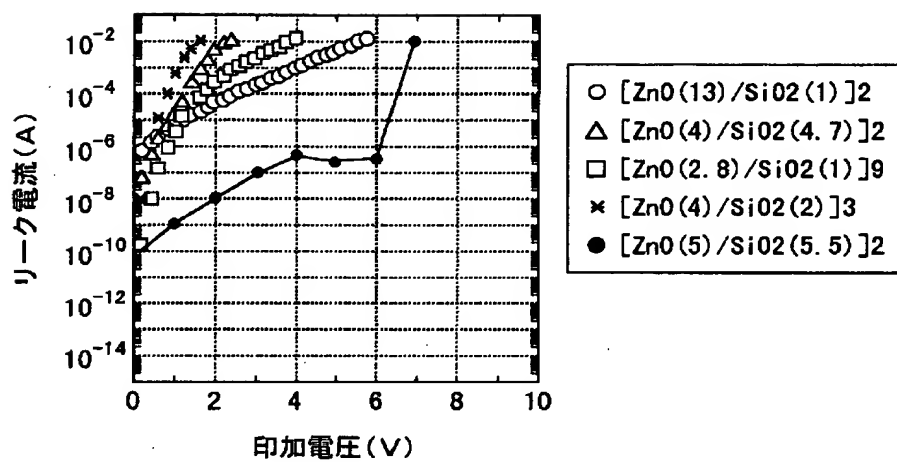
【図 4】

図 4



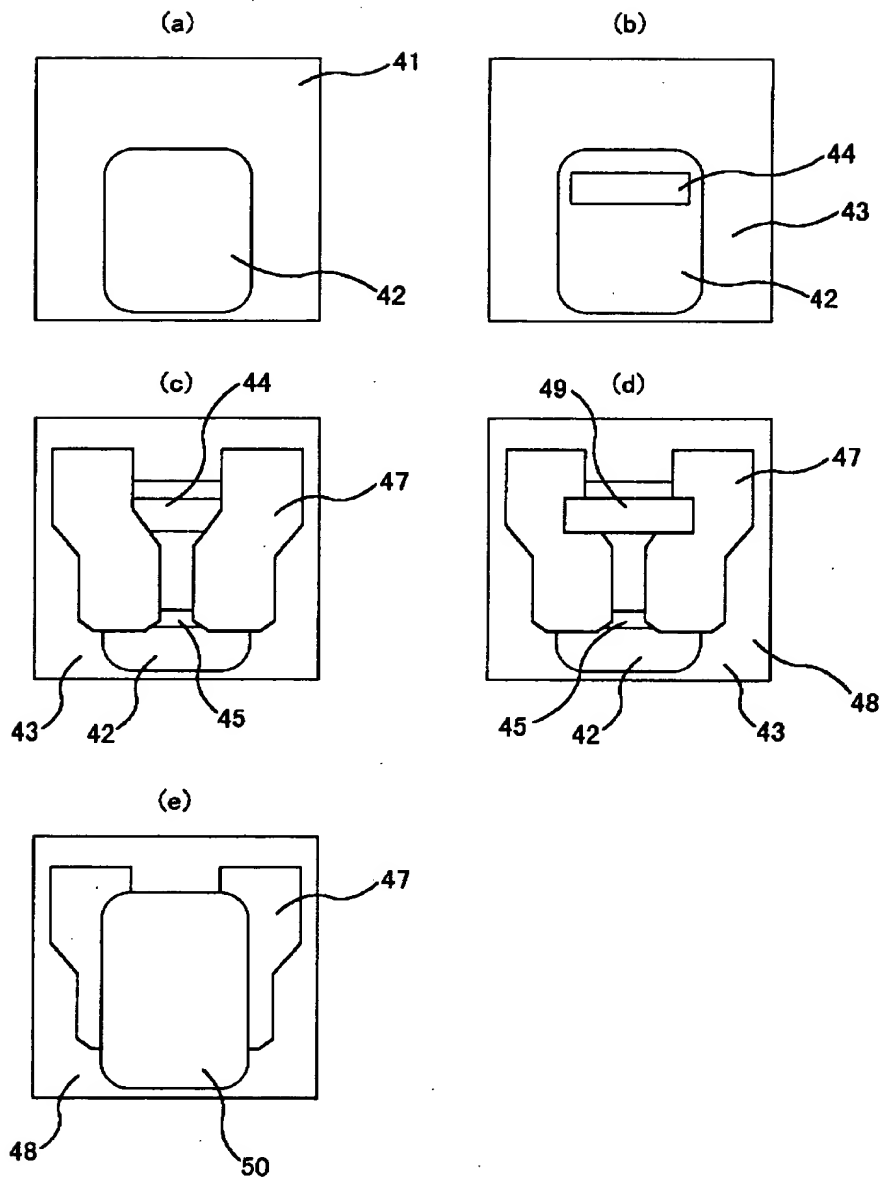
【図 5】

図 5



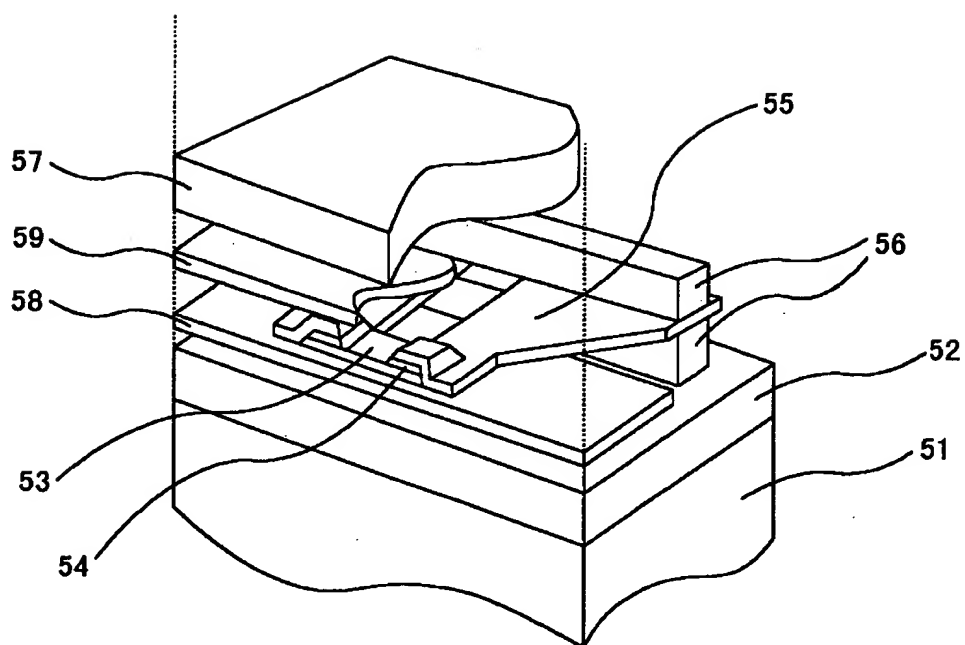
【図 6】

図 6



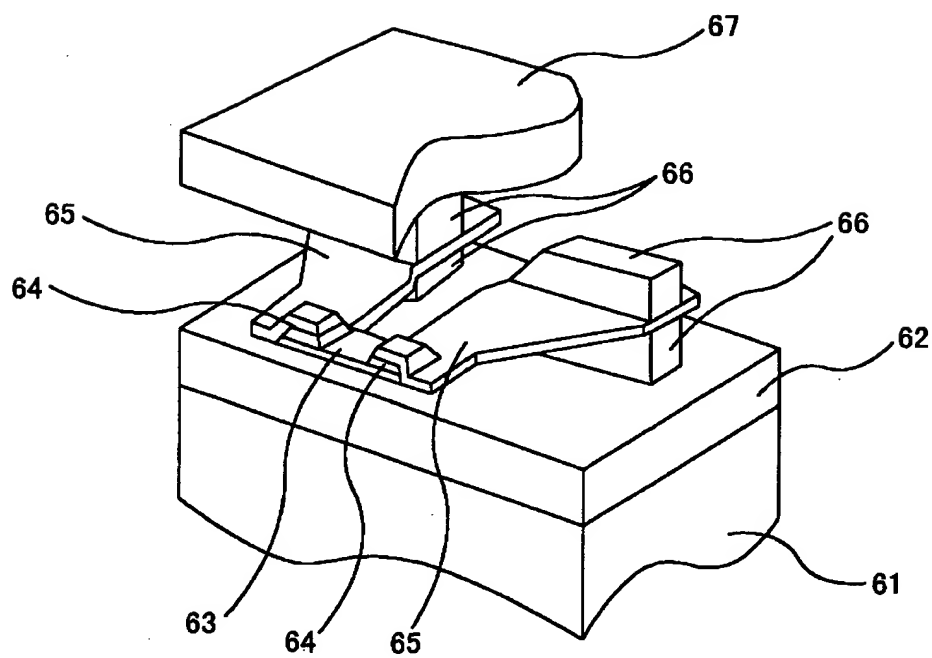
【図 7】

図 7



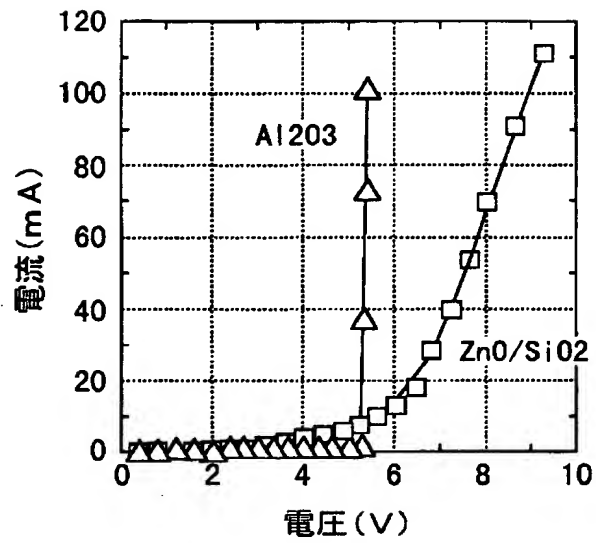
【図 8】

図 8



【図 9】

図 9



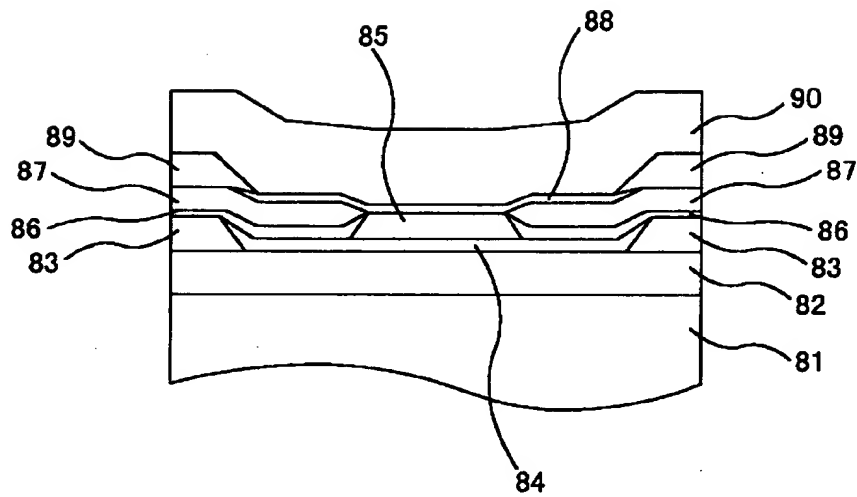
【図 1 0】

図 10

	5V	10V
本発明構造	98%	97%
従来構造	88%	72%

【図 1 1】

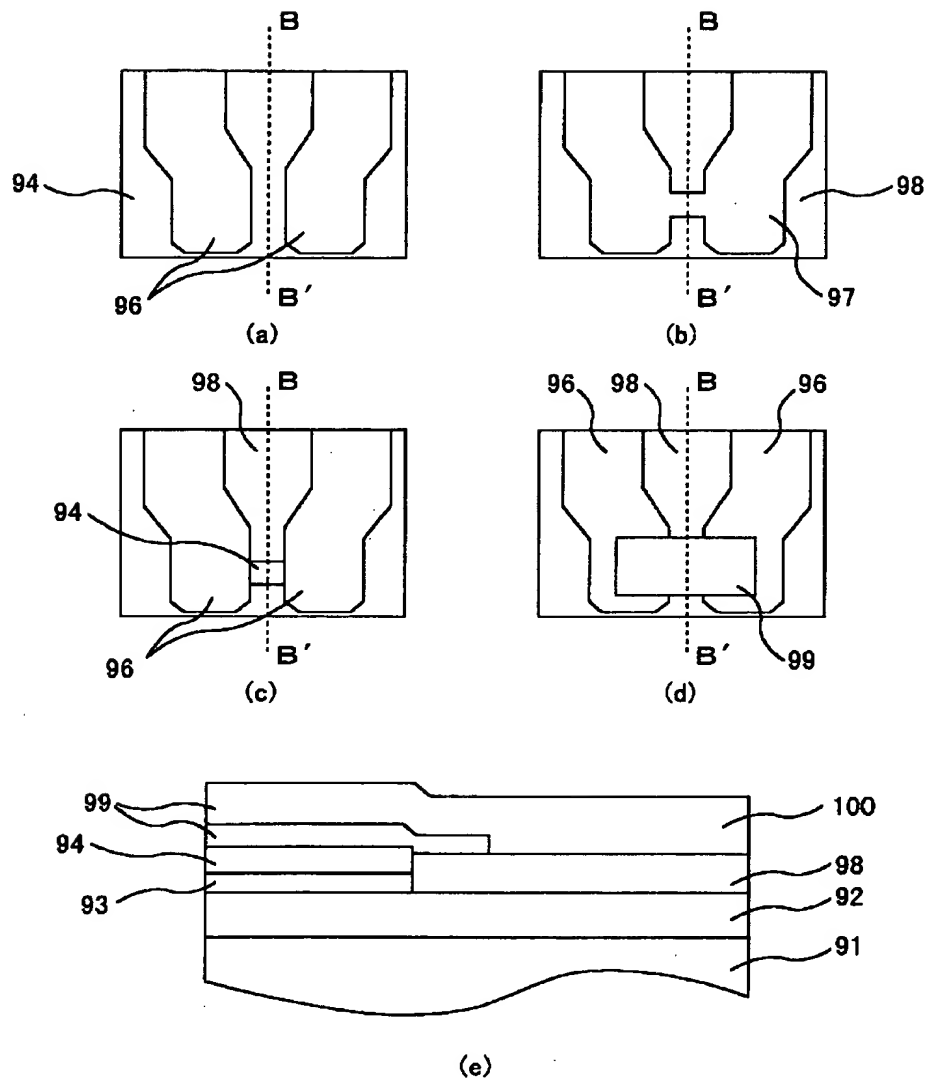
図 11





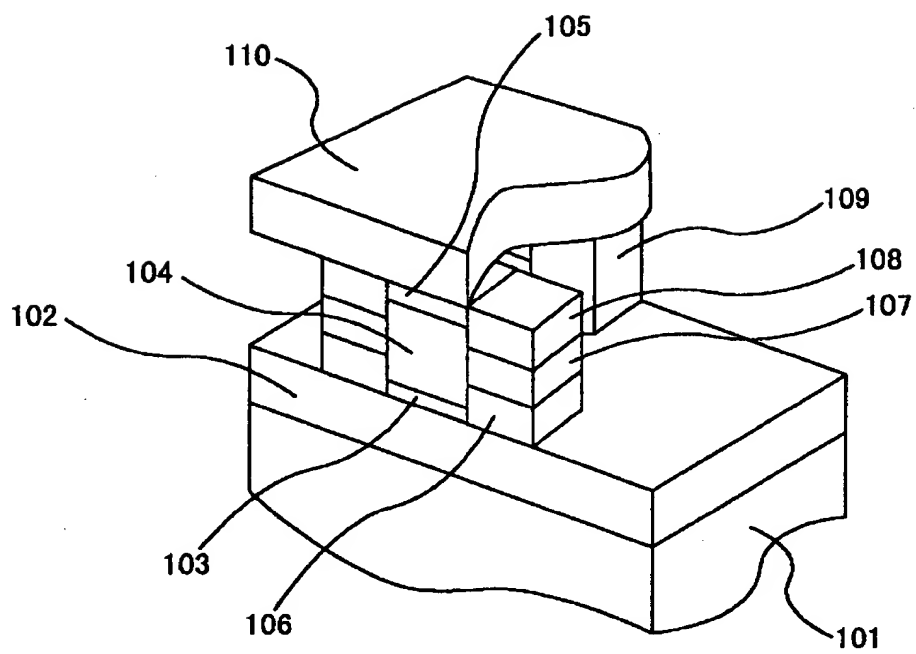
【図 1 2】

図 12



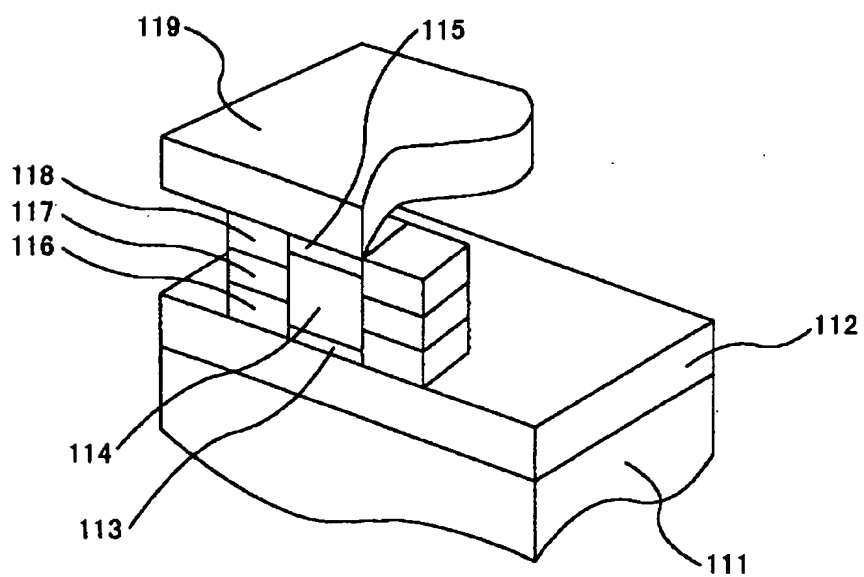
【図 13】

図 13



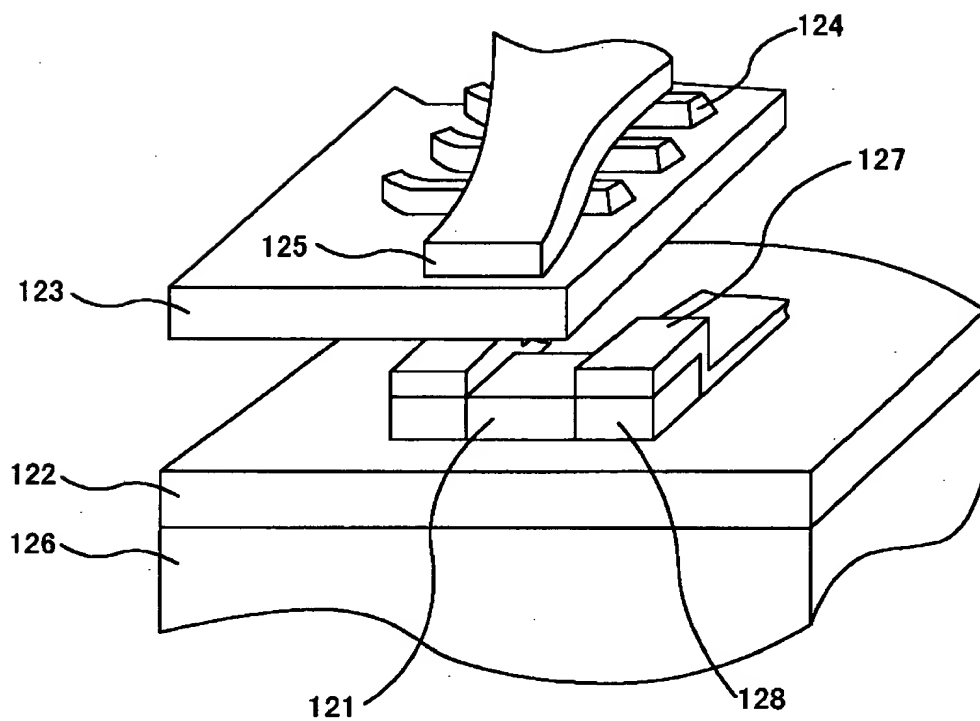
【図 14】

図 14



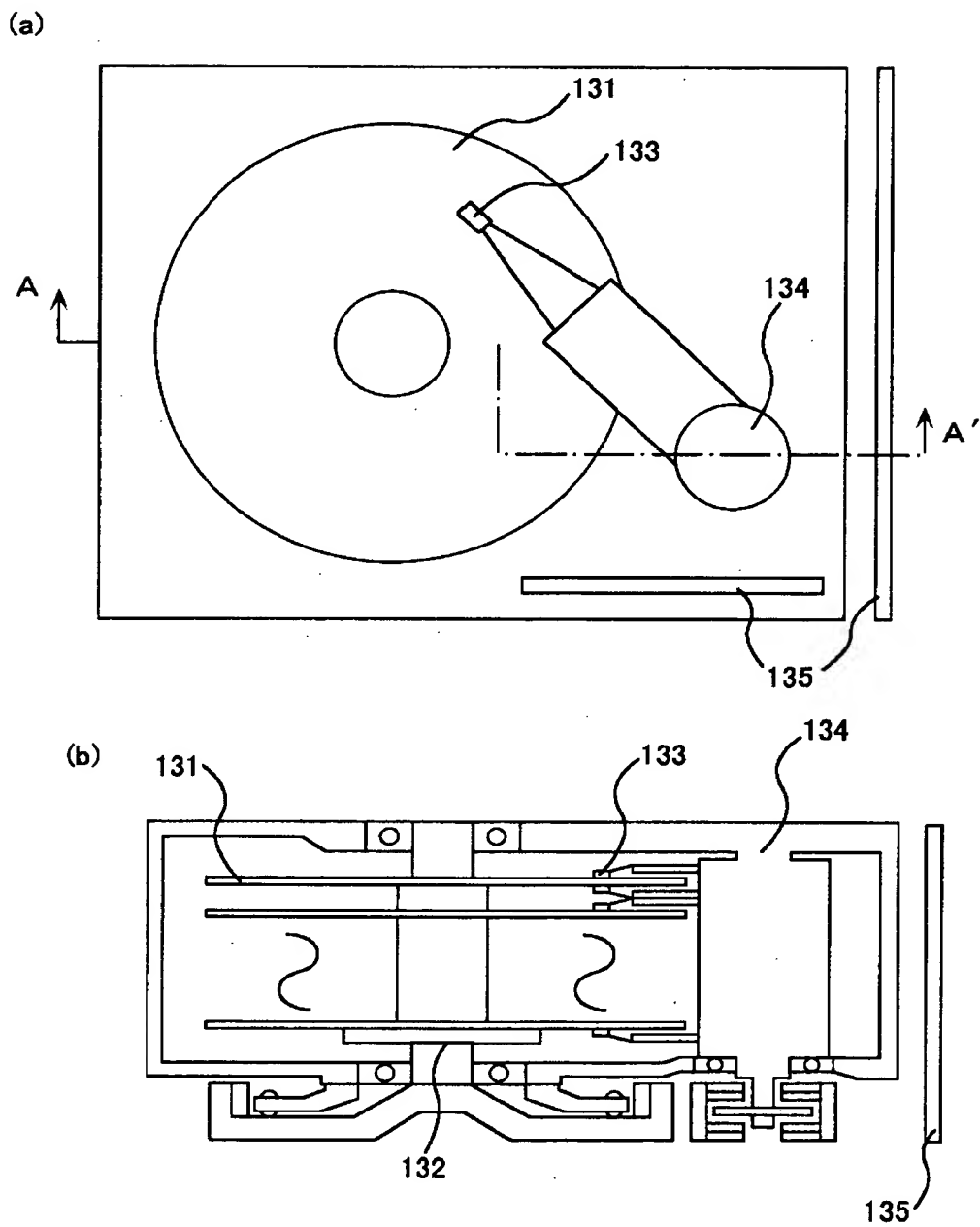
【図 15】

図 15



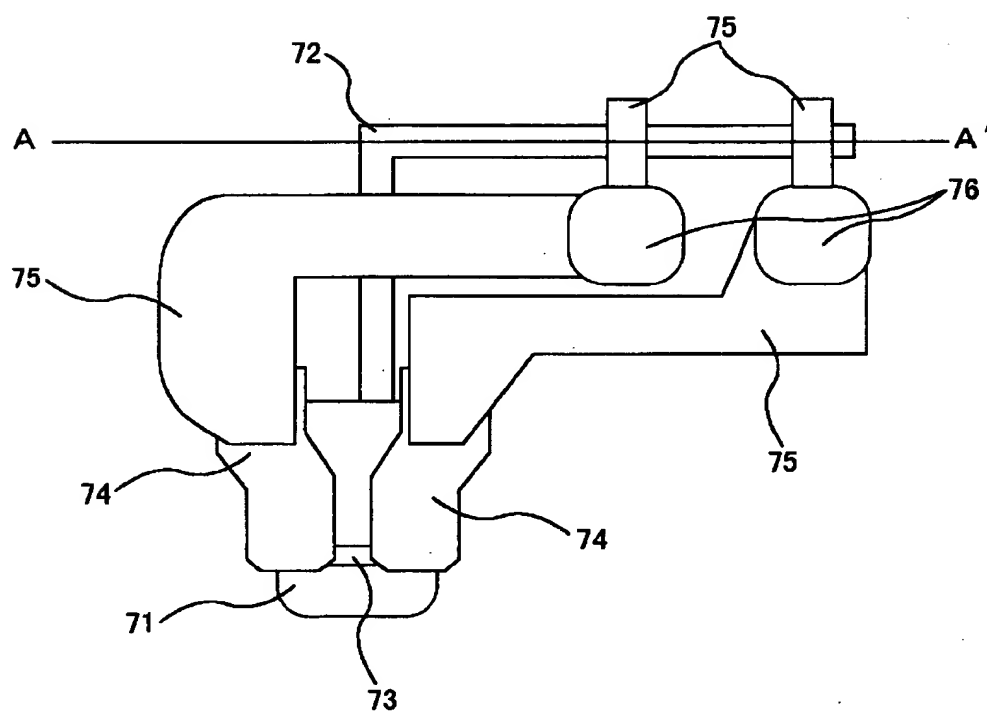
【図 16】

図 16



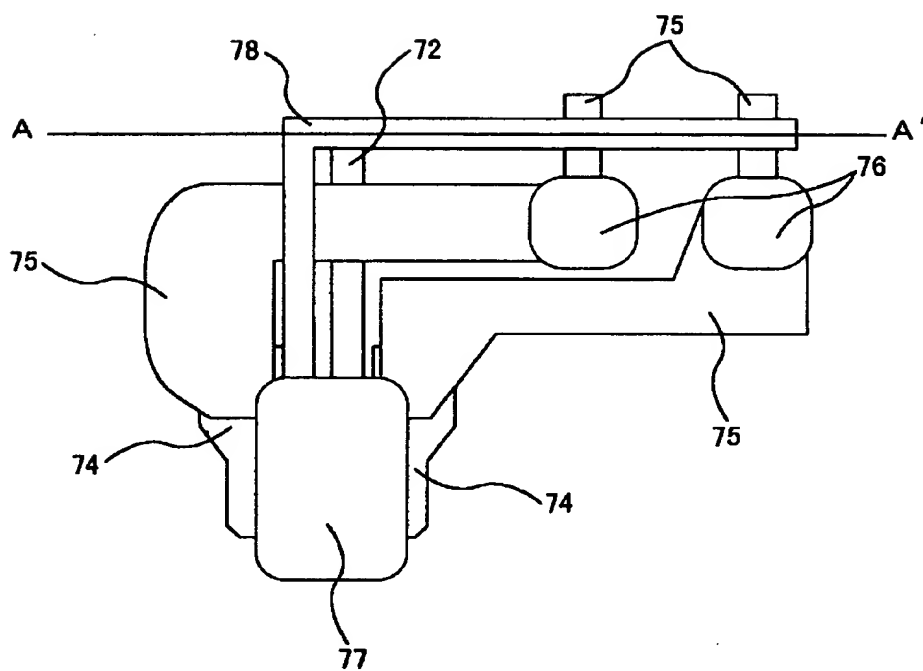
【図 1 7】

図 17

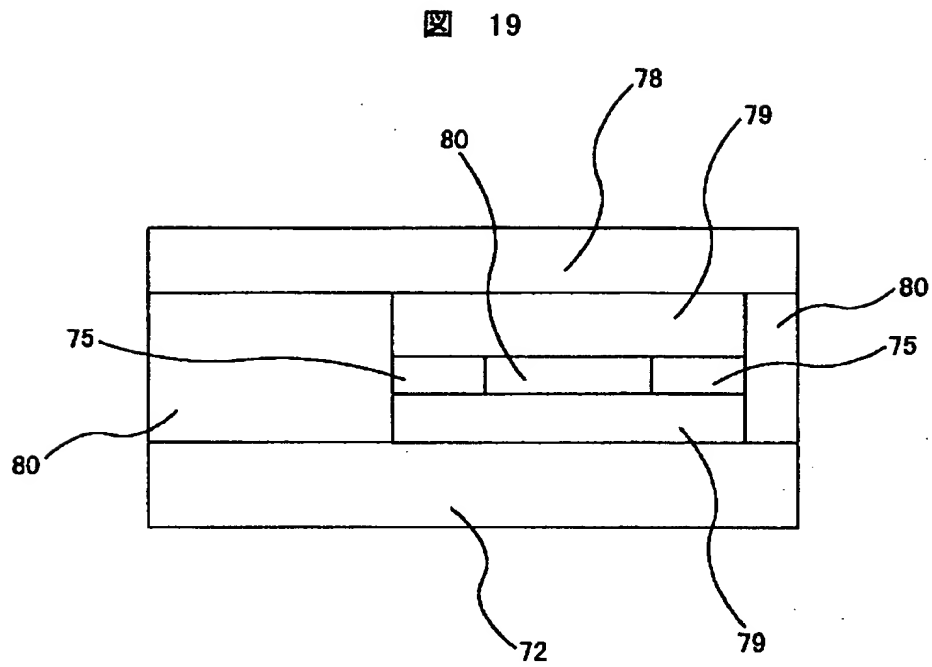


【図 1 8】

図 18



【図 19】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 磁気記録密度の高密度化に伴い、磁気抵抗効果型ヘッドのシールド間隔が狭くなり、ギャップ絶縁膜を薄くしなければならない。このとき、絶縁耐圧が低いと磁気抵抗効果膜が静電破壊を起こしてしまうという問題がある。

【解決手段】 磁氣的信号を電氣的信号に変換する磁気抵抗効果膜 5 3 と、前記磁気抵抗効果膜に電気検出電流を流すための一対の電極 5 5 とを有する磁気抵抗効果素子が上部ギャップ絶縁膜 5 9 及び下部ギャップ絶縁膜 5 8 を介して上部シールド 5 7 及び下部シールド 5 2 の間に設けられた磁気抵抗効果型ヘッドにおいて、ZnO、SiC、SrTiO<sub>3</sub>、Siなどの材料とSiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>などの絶縁材料とのバリスタ多層膜 5 6 を用いて磁気抵抗効果素子とシールド間および両電極間を接続することにより、ギャップ絶縁膜が薄くなっても、静電破壊に強い磁気抵抗効果型ヘッドの提供が可能となる。

【選択図】 図 7



特2000-400887

出 願 人 履 歷 情 報

識別番号 [000005108]

1. 変更年月日 1990年 8月31日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地  
氏 名 株式会社日立製作所